

# Estimación empírica de la probabilidad de eventos letales causados por inundaciones en Perú

Alberto Franco Cerna-Cueva<sup>1</sup>; Ricardo Martín Chávez-Asencio<sup>2</sup>;  
Nelino Florida-Rofner<sup>3\*</sup>

## Resumen

La investigación estimó empíricamente la probabilidad de eventos letales causados por inundaciones en función de las viviendas afectadas. La estimación empírica utilizó la base de datos de desastres del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) del Perú para el periodo 2003–2017; se realizó un análisis descriptivo de las inundaciones y posteriormente se estimó una curva probabilística de eventos letales utilizando un modelo logístico, relacionando el logaritmo en base 10 de las viviendas con la probabilidad de encontrar al menos un muerto. Los resultados, muestran que las inundaciones ocupan el quinto lugar en cuanto al promedio anual de fallecidos y el segundo lugar en cuanto a la cantidad de viviendas afectadas, por otra parte, según la curva probabilística de eventos letales (al menos un muerto) la tasa de letalidad es de 27 fallecidos por cada 1 000 emergencias y que las viviendas afectadas y el número de fallecidos tienen una correlación moderada a fuerte ( $r^2 = 0.669$ ). El modelo presenta un  $R^2 = 0.98$  que indica confiabilidad. Se concluye, que el modelo propuesto puede ser utilizado para estimar probabilísticamente el riesgo de eventos letales en función a la cantidad de viviendas construidas.

**Palabras clave:** Variabilidad física y climática, viviendas afectadas, tasa de letalidad, modelo empírico

## Empirical estimation of the probability of lethal events caused by floods in Peru

## Abstract

The research empirically estimated the probability of lethal events caused by floods based on the affected homes. The empirical estimation used the disaster database of the National Institute of Civil Defense (INDECI) of Peru for the period 2003–2017; A descriptive analysis of the floods was carried out and subsequently a probabilistic curve of lethal events was estimated using a logistic model, relating the logarithm in base 10 of the houses with the probability of finding at least one death. The results show that floods occupy the fifth place in terms of the annual average of deaths and the second place in terms of the number of homes affected, on the other hand, according to the probabilistic curve of lethal events (at least one death) the rate the fatality rate is 27 deaths per 1 000 emergencies and that the affected homes and the number of deaths have a moderate to strong correlation ( $r^2 = 0.669$ ). The model presents an  $R^2 = 0.98$  which indicates reliability. It is concluded that the proposed model can be used to probabilistically estimate the risk of lethal events based on the number of houses built.

**Keywords:** Physical and climatic variability, affected dwellings, lethality rate, empirical model

**Recibido:** 28 de mayo de 2021

**Aceptado:** 16 de agosto de 2021

<sup>1</sup> Investigador independiente, Perú, francoc\_92\_08@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7448-558X>

<sup>2</sup> Profesor asociado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua. Perú - Tingo María; ricardo.chavez@unas.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-5301-3273>

<sup>3</sup> Profesor Asociado Investigador. Universidad Nacional Agraria de la selva. Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua. Perú - Tingo María; nelinof@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8751-4367>

\*Autor para correspondencia

## I. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son los desastres más frecuentes a nivel mundial. Según un informe del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED) y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), en el periodo 1998 – 2017 las inundaciones representaron el 43% de todos los eventos registrados a nivel mundial, cerca de la mitad del total; por otra parte, más de 2000 millones de personas en el mundo se vieron afectadas por este fenómeno y las pérdidas económicas se estiman en \$ 656 000 millones de dólares estadounidenses (Wallemacq, 2018). En el Perú, según el World Resource Institute (WRI), para el 2030, se estima que la población afectada por inundaciones fluviales será de 360 000 habitantes y afectará al 1,20% del producto bruto interno (PBI) (Organización de las Naciones Unidas-ONU, 2020). Perú es un país altamente vulnerable a inundaciones. Más de 2000 personas perdieron la vida debido a las inundaciones durante el período 1980-2013, mientras que los daños reportados superaron los US \$ 2 mil millones (Bischiniotis et al., 2019). Entiéndase como afectado, persona, animal, territorio o infraestructura que sufre perturbación en su ambiente por efectos de un fenómeno, para este estudio, las viviendas afectadas se definen como las viviendas que sufren perturbación en su estructura por efectos de la inundación (INDECI, 2005)

En el Perú, el Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) es la institución encargada de establecer los instrumentos técnicos para la estimación de los riesgos. El problema con la metodología de evaluación del riesgo del CENEPRED, es que los riesgos, se estiman como probabilidad de daño, pero la forma en que el especialista evalúa dicho riesgo es autónoma, es decir, se escogen los parámetros que el especialista crea conveniente, siguiendo el proceso de análisis jerárquico o AHP (Analytic Hierarchy Process), (CENEPRED, 2015). Aunque esta metodología permite que se puedan integrar los diversos factores que influyen en los riesgos de inundación, el especialista, se puede centrar en integrar los diversos factores que crea relevantes y perder de vista el objetivo central que es la estimación probabilística de daños producto de este fenómeno. En pocas palabras la metodología CENEPRED se

enfoca en evaluar el riesgo de inundación tomando en cuenta los factores que influyen en el riesgo mas no se centra en cuantificar el riesgo en sí mismo, en términos probabilísticos

El estudio probabilista que relacionan el número de muertos en función de los edificios afectados fue utilizado por Zhai *et al.*, (2006) en Japón, para analizar la data histórica del periodo 1947-2000, los datos de muertos y heridos en el tiempo siguieron una distribución log – normal. Además, el modelo de Jonkman *et al.*, (2002), determina la probabilidad de muerte por inundaciones fluviales en función de la profundidad y la tasa de crecimiento del nivel del agua en la inundación, el modelo empírico probabilista utilizado fue el log – logístico.

Es por estas causas que la evaluación de riesgos es necesaria ya que esta es una herramienta que hace posible estimar de manera cuantitativa los daños que pueden producir las inundaciones, lo que a su vez permite diseñar planes coherentes con la realidad. Aunque se considera que la pérdida de vidas y las lesiones son consecuencias importantes de las inundaciones, existe un número limitado de métodos disponibles para estimar estos daños (Jonkman *et al.*, 2002). Una importante explicación racional de esta exclusión es que se ha considerado que es difícil predecir la pérdida de vidas, porque la pérdida depende de los elementos naturales como el momento de la ocurrencia de la inundación y de elementos socioeconómicos. Por lo que, un enfoque determinista resulta sumamente complicado (Zhai *et al.*, 2006).

Todos los métodos anteriores se basan en la idea de que el número de muertos y heridos es función de las características de la inundación y de la vulnerabilidad social, y al momento en el Perú no se ha completado un modelo teórico verdaderamente satisfactorio; sin embargo, esto se debe principalmente a la falta de fundamentos empíricos que interrelacione las variables de un evento (Jonkman, 2005). Por lo tanto, es importante desarrollar un modelo empírico de las víctimas mortales de las inundaciones que refleje tanto el tipo de inundación como las características regionales. En este contexto, el propósito de la investigación fue estimar empíricamente la probabilidad de eventos letales en función de las viviendas afectadas por una inundación y encontrar una curva probabilística

de eventos letales en el territorio peruano para el periodo 2003 – 2017.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El Perú se encuentra ubicado en la región central y occidental de América del Sur. Limita al norte con

Ecuador y Colombia, al este con Brasil, al sureste con Bolivia y al sur con Chile. El territorio peruano se encuentra entre las zonas 17,18 y 19L y entre los -1 a los -18° de latitud sur con una extensión terrestre de 1'285,215 km<sup>2</sup> (Ministerio de defensa-MINDEF, 2005).

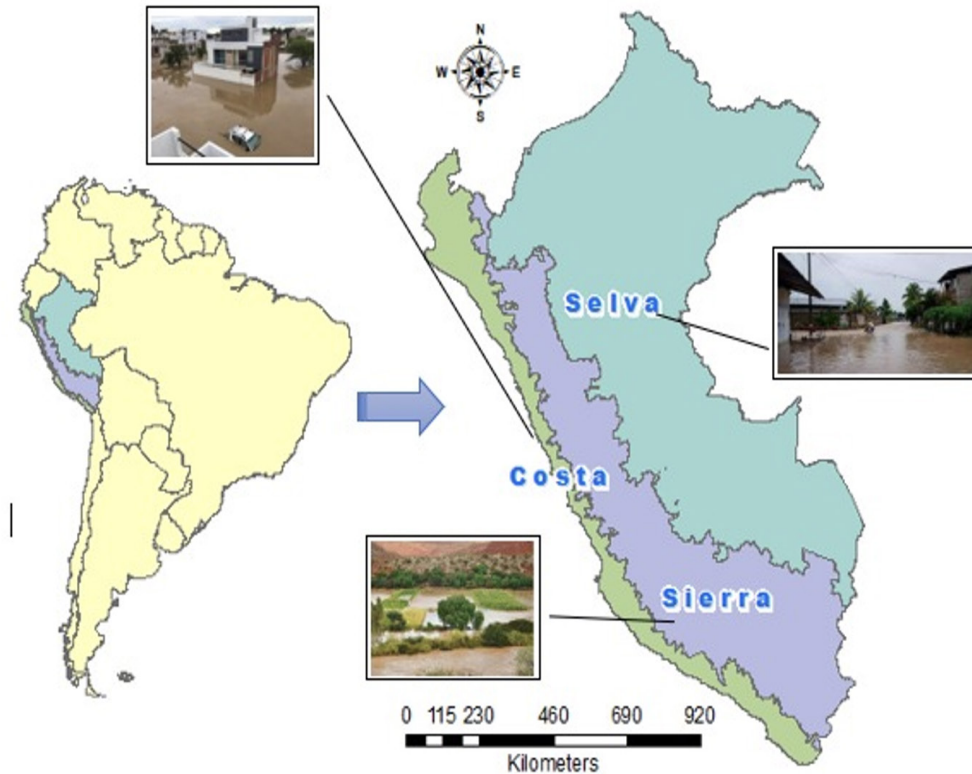


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

### Características físico-climáticas del Perú

El Perú se ubica entre la línea ecuatorial y el trópico de Capricornio y, por tanto, debería contar con un clima tropical; sin embargo, diversos factores, como la Corriente Peruana o de Humboldt, la cordillera de los Andes, y la dinámica de los ciclones y anticiclones generan un clima heterogéneo (Ministerio del Ambiente-MINAM, 2016). Al respecto, una metodología de clasificación que expresa la gran variabilidad de las condiciones físicas, climáticas y ecológicas del territorio peruano, es propuesta por Pulgar (2014), clasifica al Perú en ocho regiones naturales, haciendo un corte transversal (W-E) desde la orilla del mar hacia las cumbres nevadas hasta llegar a la llanura amazónica, se suceden diversos climas que

los Antiguos Peruanos agruparon en las siguientes categorías:

1. El templado y húmedo de la “Chala”, con variaciones estacionales.
2. El cálido-seco de la “Yunga”, con variaciones estacionales.
3. El templado, seco y agradable de la “Quechua”, con variaciones estacionales.
4. El frío-seco de la “Suní”, con variaciones estacionales.
5. El muy frío de las “Punas”, con variaciones estacionales.
6. El glacial de las “Jancas”, con variaciones estacionales. Descendiendo hacia el Atlántico, los climas que acabamos de indicar se repiten en orden inverso, hasta que, a los

1.000 metros de altitud, aproximadamente, termina la yunga fluvial. Prosiguiendo al oriente, nos encontramos con dos nuevas modalidades climáticas:

7. El húmedo-ardiente diurno y fresco nocturno de la “Rupa-Rupa”, con variaciones excepcionales.
8. El muy cálido y húmedo de la Amazonia “Omagua”, con variaciones estacionales muy leves (con régimen bimodal).

#### Análisis y procesamiento de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las inundaciones para el periodo 2003 – 2017, contando solo los eventos de inundaciones categorizados como emergencia por el Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú, (INDECI, 2017). Los datos analizados fueron:

- Ranking de fallecidos y viviendas afectadas promedio por tipo de emergencia
- Variación de fallecidos y viviendas afectadas en total para el periodo 2003 – 2017
- Estadísticas descriptivas de los fallecidos y viviendas afectadas

Para obtener el modelo empírico de la probabilidad de eventos letales en función de las viviendas afectadas, se aplicó el modelo propuesto por Zhai *et al.* (2006), para ello, se ordenaron los datos de las viviendas afectadas de menor a mayor, excluyendo las emergencias en donde hubo o viviendas afectadas, por otra parte, los datos de los fallecidos fueron cambiados a 1 si había 1 o

más fallecidos, se realizó también la distribución acumulada de eventos para que pueda relacionarse con las viviendas afectadas como probabilidad acumulada.

Para encontrar el modelo empírico entre la probabilidad de un evento letal o de encontrar al menos un muerto en función de las viviendas afectadas, a través de la ecuación (1):

$$\text{Probabilidad(EL)} = \frac{1}{1+e^{a+b \times \text{Log}_{10}(\text{VA})}} \quad (1)$$

Donde:

EL= Evento letal o el evento de emergencia de inundación en donde se encuentra al menos un muerto

VA= las viviendas afectadas

Se estimaron los parámetros del modelo con el método de mínimos cuadrados, también se determinó el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> así también los límites de confianza del modelo a un 95%

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis descriptivo de las inundaciones en el Perú

En el Perú para el periodo 2003 – 2017, como se puede ver en la Figura 2, las inundaciones ocupan el quinto lugar en cuanto a muertes en promedio causadas por año, con un promedio de 10.53 muertes por año y con respecto a las viviendas afectadas, las inundaciones ocupan el segundo lugar con un promedio anual por emergencia de 88.22 como se describe en la Tabla 1.

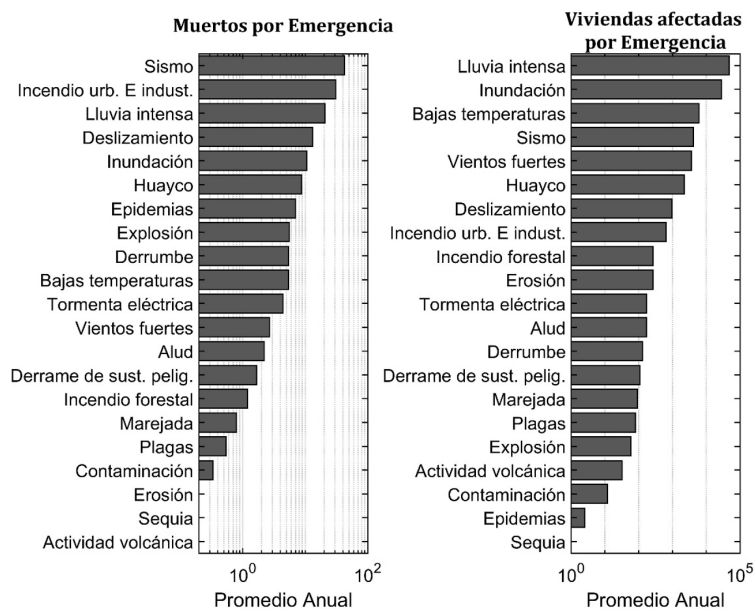


Figura 2. Rankig de fallecidos y viviendas afectadas por inundaciones en comparación con otras emergencias en el Perú para el periodo 2003 - 2017

En el Perú el promedio de fallecidos anual por inundaciones es de 10.53, esto es muy similar a la tasa de mortalidad en Australia para el periodo 1788 - 1996, con un promedio de 10.15 por año (Coates, 1999), sin embargo, es mayor si se lo compara para el mismo país en diferente periodo, 6.64 para el periodo 1997 - 2008 (FitzGerald *et al.*, 2010).

De acuerdo con los registros de INDECI, para el periodo de 2003 - 2017 en el Perú se han registrado 158 fallecidos, haciendo un promedio anual de fallecidos de 10.53, sin embargo, de acuerdo con Worldmapper (2020), en el Perú, para el periodo 2001 - 2017 se registran 693 fallecidos, haciendo un promedio anual de 43.31 personas fallecidas al año. Esta disconformidad, tal vez pueda explicarse por la categorización de emergencia que hace INDECI para poder registrar una inundación en su base de datos. De acuerdo con el glosario de términos del INDECI (2005), una emergencia se define como el “estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el

medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada”. Puede ser que una inundación no altere el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada, y aun así causar fallecidos. Puede ser este el criterio de discriminación que hace que el número acumulado de fallecidos sea menor de lo que registran otras fuentes.

Con respecto a las estadísticas mostradas en la Tabla 1 se observa un promedio por emergencia de 88.22 viviendas afectadas, es decir, por cada emergencia en promedio se encontrarán 88.22 viviendas afectadas por inundaciones por cada emergencia. La cantidad máxima de viviendas afectadas por emergencia de inundación en el periodo 2003 - 2017, es de 9 513. En acumulado del periodo 2003 - 2017 se observaron 428 085 viviendas afectadas.

Tabla 1. Resumen de estadísticas sobre afectados y fallecidos en las emergencias por inundación para el periodo 2003 - 2017

Estadística	Viviendas Afectadas	Fallecidos
Promedio <sup>1</sup>	88.22	0.027
Máximo <sup>2</sup>	9 513	14
Acumulado <sup>3</sup>	428 085	158

<sup>1</sup> Promedio de viviendas afectados o fallecidos por emergencia

<sup>2</sup> Máximo de viviendas afectados o fallecidos por emergencia

<sup>3</sup> Acumulado de viviendas afectados o fallecidos por emergencia

De acuerdo con la Tabla 1, para el Perú la tasa de mortalidad por evento es de 0.027, es decir, por cada 1000 emergencias de inundación aproximadamente se encontrarán 27 muertos. De acuerdo con el estudio de Jonkman *et al.* (2002), la tasa de mundial de letalidad para inundaciones costeras es de 0.011, para inundaciones de drenaje es de 0.00053, para inundaciones de río es de 0.0049 y para inundaciones rápidas es de 0.036, por otra parte, el mismo autor estima que para América, la tasa de mortalidad por inundaciones rápida es de 0.027. El alto valor de la tasa de letalidad puede explicarse en primer lugar por razones geográficas descritas por Pulgar (2014), Además, según el CENEPRED (2014), las condiciones físicas del país hacen propicio la ocurrencia de inundaciones rápidas ya que gran parte del país presenta superficies montañosas y tectónicamente activas además de ser una de los países de América las más intensas temporadas de precipitación, por otra parte, aunque el Perú tenga una extensa zona costera, la mayor parte de las inundaciones ocurren en los interiores del país.

### Relación de los eventos letales con las viviendas afectadas por inundaciones

En la Figura 3 se puede ver que el total de personas fallecidas pueden estar correlacionadas con la cantidad de edificios afectados por las inundaciones, calculando el coeficiente de correlación  $r^2$  de Pearson arrojó un valor de 0.669 y de acuerdo con Ortega *et al.* (2009), a partir del valor calculado se puede decir que los fallecidos y la cantidad de viviendas afectadas presentan una correlación entre moderada y fuerte. Es de esperarse que mientras más viviendas se vean afectadas por inundaciones, aumente el número de fallecidos, esto a sido contrastado por Zhai *et al.* (2006) quienes relacionaron los edificios afectados por las inundaciones con la probabilidad de muerte y lesiones. Además, que una inundación sea extensa y afecte un gran número de viviendas, significa que las zonas aledañas al cuerpo de agua alcanzan mayores alturas de inundación y con respecto a la relación de la mortalidad y la profundidad de inundación ha sido confirmada por Jonkman *et al.* (2002) y Boyd *et al.* (2005).

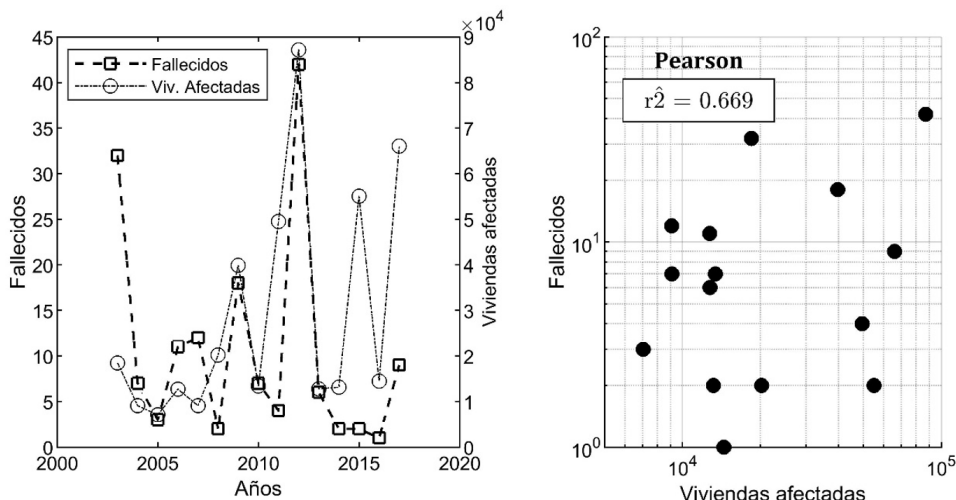


Figura 3. Variación anual y correlación del total de fallecidos y viviendas afectadas

### Modelo empírico

Se realizó la regresión de la probabilidad de encontrar al menos un muerto en función de las viviendas afectadas por la inundación utilizando el modelo de Zhai *et al.* (2006). El modelo se muestra

en la Figura 4, en el eje y, se muestra la probabilidad de encontrar al menos 1 muerto por la inundación y en el eje x se muestra la cantidad de viviendas afectadas por las inundaciones.

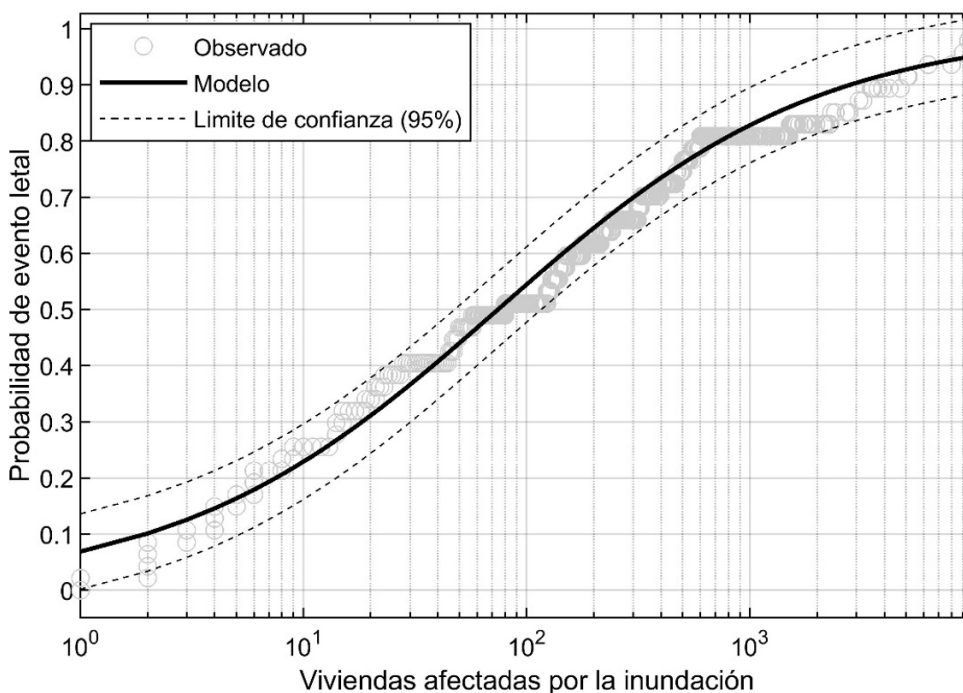


Figura 4. Modelo empírico de la probabilidad de un evento letal en función de las viviendas afectadas por inundación

Los parámetros calculados del modelo de Zhai *et al.*, (2006) se muestran en la Tabla 2, calculando también los parámetros a un nivel de confianza

del 95%, por otra parte se obtuvo un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0.98$ .

Tabla 2. Parámetros estimados con el modelo de Zhai *et al.*, (2006)

Parámetros	Estimado	Li (95%)	Ls (95%)	R <sup>2</sup>
a	2.608	2.588	2.627	0.98
b	-1.394	-1.405	-1.382	

Li= Límite inferior, Ls= Límite superior, a,b= Constantes del modelo.

El modelo presenta un  $R^2 = 0.98$  el cual es cercano a 1, lo que indica una alta confiabilidad de predicción, por otra parte, el  $R^2$  encontrado en este estudio, es superior a los valores que encontró Zhai *et al.* (2006) quien relacionó los fallecidos y heridos en función de las construcciones afectadas por inundaciones en Japón. Por otra parte, los parámetros del modelo a y b son menores en este estudio si se los compara con los de Zhai *et al.* (2006); el coeficiente b en este estudio es de -1.394 y el estudio de Zhai *et al.* (2006) es de -1.595. El coeficiente b refleja el aumento de la probabilidad de un evento letal con respecto al cambio del logaritmo en base 10 de la cantidad de viviendas afectadas, es decir, si b es menor la probabilidad de eventos letales aumenta de manera más rápida con la cantidad de

viviendas afectadas. El menor valor del coeficiente b para el estudio de Zhai *et al.* (2006) con respecto a este estudio, puede explicarse por la mayor densidad poblacional que hay en Japón con respecto a Perú, es decir, la probabilidad de muerte en función a los edificios inundados aumenta de manera más rápida en Japón que en Perú.

#### Limitaciones del modelo

Con respecto a la cantidad de fallecidos por evento, como se puede ver en la Cuadro 3, en 38 emergencias (52.8%) se registró un fallecido y en un evento (1.4%) se registraron 14 fallecidos. El modelo empírico no obedece a ninguna distribución de frecuencia, por lo que las predicciones de la probabilidad de eventos letales no deben calcularse

fuera del rango de viviendas afectadas en el que se calculó el modelo (las predicciones deben hacerse para 9 513 viviendas afectadas o menos). Por otra parte, el modelo calcula la probabilidad de un evento letal, es decir la probabilidad de calcular un muerto como mínimo y 14 muertos como máximo, ya que 14 fue la cantidad máxima de fallecidos encontrados en una emergencia por inundación. Sin embargo,

esto no significa que las probabilidades de encontrar exactamente 1, 2, 3 ... 14 muertos sean exactamente igual. Para una estimación posterior de la cantidad específica de fallecidos se puede utilizar la **Cuadro 3** y considerar eventos independientes al evento letal y el evento de encontrar exactamente una cantidad específica de fallecidos para finalmente multiplicar ambos eventos y encontrar la probabilidad de encontrar una cantidad específica de fallecidos

**Tabla 3.** Cantidad de eventos en los que se registraron un número específico de fallecidos

Fallecidos	Eventos	Porcentaje
1	38	52.8%
2	18	25.0%
3	7	9.7%
4	3	4.2%
5	1	1.4%
8	4	5.6%
14	1	1.4%

#### Aplicación práctica del modelo

En muchas metodologías de evaluación de riesgos se realiza la simulación hidráulica para determinar el alcance de la inundación para un periodo de retorno determinado, por lo que conociendo el catastro de la zona de análisis, se puede estimar muy bien la cantidad posible de viviendas afectadas para una inundación específica y a partir del conocimiento de las viviendas afectadas aplicando el modelo propuesto de este estudio, se puede estimar en el sentido estricto de la palabra el riesgo de encontrar de 1 hasta 14 muertos en términos porcentuales de probabilidad. Esta forma de calcular riesgo se interpreta mejor en cuanto al posible daño, a diferencia del CENEPRED, (2015), en donde las categorías de riesgo son muy generales lo que hace que sea ambigua la estimación del daño real.

Finalmente, la pérdida de vidas humanas es el componente más importante en las dimensiones de los daños causados por inundaciones, además, es muy común encontrar en inundaciones, personas heridas, viviendas, carreteras, pistas, centros educativos, de salud, redes de agua y desagüe afectados o destruidos, entre otros, a los cuales se les puede aplicar el mismo análisis a partir de una data histórica relacionándolas con una variable independiente que pueda medirse directamente en la zona de estudio, por ejemplo en esta investigación, la variable independiente fue la cantidad de viviendas

afectadas, las cuales pueden ser estimadas a partir de simulación hidráulica.

#### IV. CONCLUSIONES.

En el Perú, las inundaciones son el quinto desastre que causa mayor cantidad de muertes anuales en promedio y ocupa el segundo lugar en cuanto a viviendas afectadas, la cantidad de fallecidos y viviendas afectadas por inundación tienen una correlación de moderada a fuerte ( $r^2 = 0.669$ ), por otra parte, la tasa de mortalidad por inundaciones en el Perú es de aproximadamente 27 fallecidos por cada 1 000 emergencias.

Se determinó el modelo que relaciona la probabilidad de encontrar al menos un muerto por inundación relacionándolas con la cantidad de viviendas afectadas, obteniendo un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0.98$ , que indica confiabilidad del modelo. Con respecto a las limitaciones, solo se pueden estimar las probabilidades a partir del modelo si el número de viviendas es de hasta 9 513, por otra parte, el número máximo de muertes por evento letal predicho en el modelo es de hasta 14 fallecidos.

#### V. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por financiar parcialmente esta investigación a través del fondo de desarrollo Universitario (FEDU).



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bischiniotis, K., van den Hurk, B., Zsoter, E., Coughlan de Perez, E., Grillakis, M., & Aerts, J. C. J. H. (2019). Evaluation of a global ensemble flood prediction system in Peru. *Hydrological Sciences Journal*, 64(10), 1171–1189. <https://doi.org/10.1080/026266667.2019.1617868>
- Boyd, E., Levitan, M., & Van Heerden, I. (2005). Further specification of the dose-response relationship for flood fatality estimation. US-Bangladesh Workshop on Innovation in Windstorm/Storm Surge Mitigation Construction. *National Science Foundation and Ministry of Disaster & Relief, Government of Bangladesh. Dhaka, April*, 19–21.
- Brown, C. A., & Graham, W. J. (1988). Assessing the threat to life from dam failure. *Journal of the American Water Resources Association*, 24(6), 1303–1309. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1988.tb03051.x>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por inundaciones fluviales. Recuperado de [http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf](http://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL-EVAR.INUNDACIONES.pdf)
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED. (2015). Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (2nd ed.). Recuperado de [http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas\\_detalle.aspx?idp=112](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=112)
- Coates, L. (1999). Flood fatalities in Australia, 1788-1996. *Australian Geographer*, 30(3), 391–408. <https://doi.org/10.1080/00049189993657>
- DeKay, M. L., & McClelland, G. H. (1993). Predicting Loss of Life in Cases of Dam Failure and Flash Flood. *Risk Analysis*, 13(2), 193–205. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1993.tb01069.x>
- FitzGerald, G., Du, W., Jamal, A., Clark, M., & Hou, X.-Y. (2010). Flood fatalities in contemporary Australia (1997-2008). *Emergency Medicine Australasia*, 22(2), 180–186. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2010.01284.x>
- Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI. (2005). *Glosario de términos del compendio estadístico de prevención y atención de desastres*. [https://www.indeci.gob.pe/compend\\_estad/2005/pdfs/doc322\\_8.pdf](https://www.indeci.gob.pe/compend_estad/2005/pdfs/doc322_8.pdf)
- Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI. (2017). *Emergencias por desastres para el periodo 2003 - 2017, Perú*. Matriz de Base de Datos. [https://www.indeci.gob.pe/compend\\_estad/2018/index.html](https://www.indeci.gob.pe/compend_estad/2018/index.html)
- Jonkman, S. N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards*, 34(2), 151–175. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-8891-3>
- Jonkman, S. N., Van Gelder, P. H. A. J. M., & Vrijling, J. K. (2002). Loss of life models for sea and river floods. *Flood Defence*, 1, 196–206. <https://www.researchgate.net/publication/228766594>
- Ministerio de defensa-MINDEF. (2005). Libro blanco de la defensa nacional. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mindef/informes-publicaciones/334409-libro-blanco-de-la-defensa-nacional>
- Ministerio del Ambiente-MINAM. (2016). El Perú y el cambio climático. Tercera comunicación Nacional del Perú. Características naturales y del territorio. Primera edición, 329 pp. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- Ortega, R. M. M., Pendás, L. C. T., Ortega, M. M., Abreu, A. P., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Medicas*, 8(2).
- Organización de las Naciones Unidas-ONU. (2020). Cambio climático y medioambiente. Noticia ONU 5 noviembre 2020. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2020/11/1483612>

- Pulgar, V. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis (Nova Série) Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica*. Recuperado de <https://journals.openedition.org/terrabrasilis/1027?lang=en>
- Worldmapper. (2020). *Muertes por inundaciones 2001-2017*. Recuperado de <https://worldmapper.org/maps/flood-deaths-2001to2017/>
- Wallemacq, P. (2018). Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998-2017. Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.13140/>
- Zhai, G., Fukuzono, T., & Ikeda, S. (2006). An empirical model of fatalities and injuries due to floods in Japan. *Journal of the American Water Resources Association*, 42(4), 863–875. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2006.tb04500.x>